

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРЯЧЕГО ДУТЬЯ И ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ФУРМАМ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Першин А.А., Гурин И.А., Спиринов Н.А.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

dufaz@ya.ru, ivan.gurin@urfu.ru

Аннотация. Фактором нарушения ровного схода шихты в доменной печи является неравномерное распределение тепловой и восстановительной работы газа по окружности печи. Одной из причин этого является неравномерность распределения дутья по воздушным фурмам и отсутствие эффективных методов контроля расхода дутья. В работе описаны структура информационно-моделирующей системы распределения горячего дутья и природного газа по фурмам доменной печи и её функциональная модель. В основе системы лежит метод определения расхода дутья по воздушным фурмам, используя тепловую мощность потока, проходящего через фурму, и значение теплосъема, снимаемого с этой фурмы.

Ключевые слова: доменная печь, плавка, расчет, горячее дутье, природный газ, фурма, информационно-моделирующая система, функциональная модель.

STRUCTURE OF THE DISTRIBUTION SYSTEM OF HOT BLOW AND NATURAL GAS IN THE BLAST FURNACE LUKE

Pershin A.A., Gurin I.A., Spirin N.A.

Yeltsin Ural Federal University (UrFU), Ekaterinburg, Russia

Abstract. The factor of breakage of the smooth descent of burden in the blast furnace is the uneven distribution of heat and recovery gas operation around the furnace circumference. One of the reasons for this is the uneven distribution of the blast on the air tuyeres and the lack of effective methods for controlling the flow of the blast. This article describes the structure of the informational modeling system for the distribution of hot blast and natural gas over the tuyeres of a blast furnace and its functional model. The system is based on a method for determination the flow rate of air blowing tuyeres,

using the heat power of the flow passing through the tuyere, and the heat takeoff value from this tuyere.

Key words: blast furnace, calculation, hot blast, natural gas, blast furnace tuyere, information modeling system, functional model.

Введение

Особое место среди металлургических переделов современной металлургии занимает доменное производство как самое энергоемкое, на долю которого приходится до 50% топлива, используемого в черной металлургии. Анализ показывает, что доменное производство относится к классу сложных и распределенных систем [1]. Доменная плавка является сегодня и остается на дальнюю перспективу важнейшим, наиболее сложным, самым энергоемким и одновременно самым эффективным, определяющим технологическим модулем в схемах производства черных металлов.

Современные тенденции по созданию и развитию АСУ ТП доменных печей характеризуются последовательным оснащением всех печей надежными средствами измерений и контроля, компьютерной техникой, дальнейшим применением передовых системотехнических решений [2-4].

Недостаточный уровень контроля важнейших параметров доменной плавки снижает эффективность работы систем моделирования, поэтому установка датчиков и разработка соответствующих информационно-моделирующих систем является первоочередной задачей. В работе рассмотрена структура информационно-моделирующей системы контроля распределения горячего дутья и природного газа по фурмам доменной печи системы, её функциональное моделирование.

При эксплуатации доменной печи реальное распределение дутья по фурмам далеко неравномерное: отмечаются различия в расходе дутья по отдельным фурмам, достигающие от 5 до 50 %.

Опробованные в промышленных условиях методы контроля расхода дутья по воздушным фурмам доменной печи отличаются недолговечностью службы из-за высоких температур горячего дутья и его агрессивности, внедрение других приводит к снижению расхода дутья, подаваемого воздуходувными машинами, и к снижению производительности доменных печей. Поэтому создание информационно-управляющей системы контроля распределения горячего дутья и инжестируемого топлива является исключительно актуальной задачей для современного доменного процесса.

Постановка задачи

Предлагается методика определения расхода дутья по воздушным фурмам, используя тепловую мощность потока, проходящего через фурму и значение теплосъема, снимаемого с этой фурмы.

При математическом моделировании принимается допущение, что при прохождении дутья через фурму часть теплового потока передается охлаждающей фурму воде, причем тем в большей степени, чем выше тепловая мощность прошедшего тепла. Предполагается также, что конструкции всех установленных на печи воздушных фурм одинаковы, одинакова и толщина стенок всех фурм, постоянны и коэффициенты теплопередачи от дутья к фурме и от фурмы к охлаждающей воде; коэффициент теплопроводности стенок фурм взят постоянным. Методика расчета расхода дутья по фурмам представлена ранее в статье [5].

На её основе выполняется расчёт расходов природного газа на фурмах доменной печи с целью поддержания теоретической температуры горения на заданном уровне и расчёт геометрических параметров фурменных очагов. Перечень исходных данных, требуемых для выполнения расчетов, представлен в таблицах 1-3. Он включает конструктивные размеры печи, технологические параметры доменного процесса в целом и параметры работы каждой фурмы.

Таблица 1 – Список требуемых конструктивных размеров печи

| Условные обозначения | Условное обозначение | Ед. измерения |
|-----------------------------|----------------------|----------------|
| Полезный объем печи | V_0 | м ³ |
| Диаметр горна доменной печи | $D_{гор}$ | м |
| Число воздушных фурм | n | шт. |
| Диаметр фурм | $d_{ф}$ | мм |
| Высоты фурм | $H_{ф}$ | мм |

Таблица 2 – Список технологических параметров доменного процесса

| Условные обозначения | Условное обозначение | Ед. измерения |
|---|----------------------|---------------------|
| Производительность печи | P | т/сут |
| Расход дутья | Q_d | м ³ /мин |
| Давление дутья | P_d | ати |
| Температура дутья | t_d | °С |
| Влажность дутья | f_d | г/м ³ |
| Содержание кислорода в дутье | ω | % |
| Принятые потери расхода дутья по тракту | γ | % |
| Удельный расход кокса | k | кг/т чугуна |
| Реакционная способность кокса | CRI | % |

Таблица 3 – Список параметров работы по каждой фурме

| Условные обозначения | Условное обозначение | Ед. измерения |
|--|----------------------|-------------------|
| Расход природного газа на фурму | $V_{\text{ПГ}}^i$ | м ³ /ч |
| Расход воды на фурму | m_i | м ³ /ч |
| Температурный перепад воды на фурме | Δt_i | °С |
| Требуемое значение теоретической температуры горения | T_t^i | °С |

Структура системы

На этапе проектирования информационно-моделирующей системы распределения горячего дутья и природного газа по фурмам доменной печи составлена структура системы. Она включает следующие модули: ввода и корректировки исходных данных; расчетный модуль; вывода и анализа результатов. На рисунке 1 представлена структура системы с обозначением основных связей между её модулями (элементами).

На основе методологии IDEF0 в соответствии с определенной структурой разработана функциональная модель системы. Модель содержит более 50 блоков на четырех уровнях декомпозиции, определяет основные функции и взаимосвязи между отдельными функциональными блоками системы, управляющие воздействия и механизмы выполнения каждой функции.

Функциональная модель была разработана с помощью программного обеспечения Ramus. На рисунках 2 представлена декомпозиция первого уровня функциональной модели. Первый уровень декомпозиции контекстной диаграммы включает четыре блока: подготовки исходных данных, выполнения предварительных расчетов, выполнения расчета распределения горячего дутья и природного газа по фурмам доменной печи, анализ результатов и их сохранение.

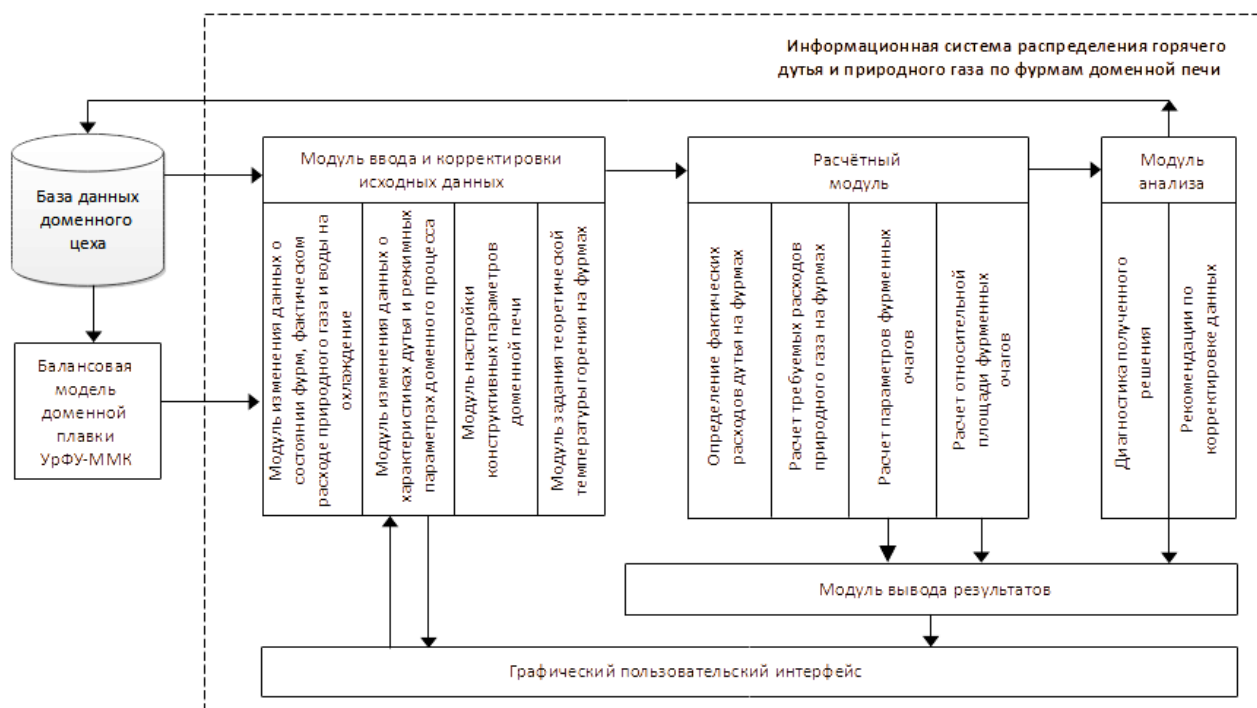


Рисунок 1 – Структура системы распределения горячего дутья и природного газа по фурмам доменной печи

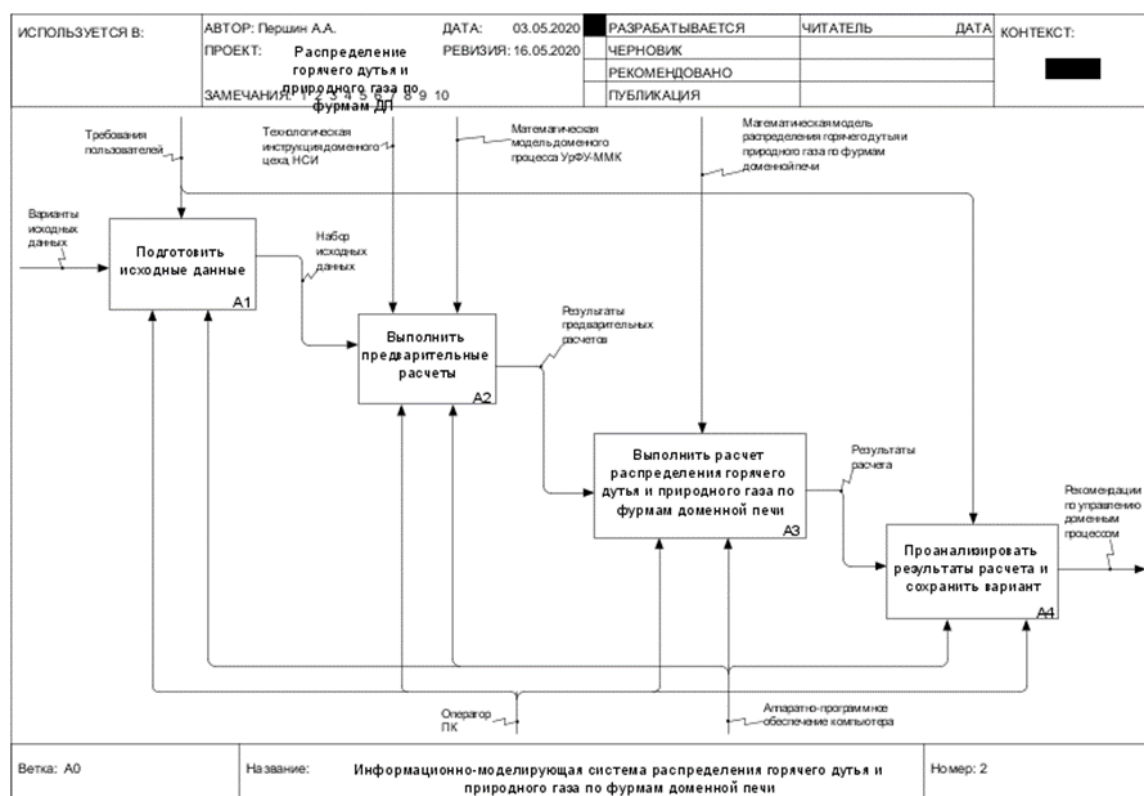


Рисунок 2 – Декомпозиция первого уровня функциональной модели

Выводы

На основе новой методики определения расхода дутья по воздушным фурмам доменной печи, используя тепловую мощность потока, проходящего

через фурму и значение теплосъема, снимаемого с этой фурмы, определен перечень исходных данных для выполнения расчетов, предложена структура соответствующей информационно-моделирующей системы и разработана её функциональная модель.

Представленные решения могут быть использованы для разработки программного обеспечения соответствующей системы, которая может быть использована технологическим персоналом доменного процесса для повышения показателей плавки

Библиографический список

1. Ярошенко, Ю.Г. Основные направления ресурсо- и энергосбережения в доменном производстве / Ю.Г. Ярошенко, Н.А. Спирин, В.В. Лавров, А.Н. Дмитриев, Я.М. Гордон // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2016. – № 5. – С. 76-81.
2. Геердес, М. Современный доменный процесс / М. Геердес, Р. Ченьо, И. Курунов [и др.]. – М.: Металлургиздат, 2016. – 280 с.
3. Изюмский, Н.Н. Современные промышленные системы автоматизации доменных печей мира / Н.Н. Изюмский, А.П. Васильев // Теория и практика производства чугуна: сборник трудов международной научно-технической конференции. – Кривой Рог: КГГМК «Криворожсталь», 2004. – С. 48-68.
4. Спирин, Н.А. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
5. Распределение дутья по воздушным фурмам доменной печи / А.А. Полинов, А.В. Павлов, О.П. Онорин, Н.А. Спирин, И.А. Гурин // Металлург. 2018. № 5. С. 23-27.